

Die Flachmänner kommen - Stand und Tendenzen der Flachbildschirmtechnik Teil 1

Flachbildschirme und Displays erobern sich immer schneller immer neue Anwendungsbereiche. Sie sind in der Computertechnik bereits allgegenwärtig und begegnen uns zunehmend auch in der Konsumgüertechnik, in Fahrzeugen, in Meßgeräten. Der ersehnte flache Fernsehbildschirm an der Wand ist keine Utopie mehr. Unser Artikel führt in die physikalischen und technischen Grundlagen der Flachbildschirmtechnik ein und zeigt ihre Entwicklung und den aktuellen Stand. Der Technologiepionier auf diesem Gebiet heißt Sharp, aber inzwischen haben zahlreiche weitere Hersteller die Flachbildschirmtechnik im Griff.

Er ist ein Traum der Techniker, seit es die Elektronenstrahlröhre gibt - der flache Bildschirm. Nicht nur der hohe Energieverbrauch der herkömmlichen Bildröhre stört bis heute, sondern vor allem der nach wie vor enorme Platzbedarf in der Tiefe. Dieser ist technisch bedingt durch die Mechanik der Erzeugung und Ablenkung des Elektronenstrahls und kann konstruktiv kaum kompensiert werden. Zwar gibt es bis heute zahlreiche Versuche, die herkömmliche Elektronenstrahlröhre flacher zu bauen, etwa durch Umlenkeinrichtun-

gen für den Elektronenstrahl, jedoch sind die Ergebnisse unbefriedigend und oft nur im Schwarz-Weiß-Bereich brauchbar.

Einen anderen Weg beschreitet man mit der sogenannten Projektorteknik, bei der das RGB-Signal mit speziellen Projektionssystemen entweder auf eine Art Leinwand an der Wand oder von hinten auf eine Projektionsfläche im Großfernseherformat projiziert wird.

All diese Lösungen stellen jedoch immer noch nicht das dar, was sich die Techniker unter dem flachen Bildschirm vor-

stellen. Die Lösung dieser Entwicklungsaufgabe wurde bereits in den siebziger Jahren in der Displaytechnik erkannt. Hier führte die historische Entwicklung zu technologisch unterschiedlichen Ergebnissen. Als wichtigste und technologisch am weitesten fortgeschrittene Technik ist die LCD-Technik zu betrachten.

Andere Entwicklungsrichtungen wie die Elektro-Lumineszenz-Displays (EL) oder die Plasma-Displays konnten sich nur auf speziellen Gebieten durchsetzen.

Prinzipiell unterscheidet man zwischen

aktiven und passiven Displays. Aktive Displays senden selbst Licht aus, während die passiven Displays lediglich Fremdlicht, entweder aus dem Hintergrund oder aus der Umgebung, verändern. Zu den aktiven Displays zählen die EL-Displays, die Plasmabildschirme und die aktiven LC-Displays.

Hauptvorteil der Passiv-Displays ist ihre geringe Stromaufnahme, ihr Nachteil liegt in der Abhängigkeit von Fremdlicht, während die Aktiv-Displays relativ hohe Stromaufnahmen aufweisen, dagegen aber nicht von Fremdlicht abhängig sind.

Typische Vertreter der passiven Displays sind die meisten Uhrendisplays, die bei Dunkelheit beleuchtet werden müssen, umabgelesen werden zu können.

Aktive Displays finden wir dagegen verbreitet als moderne Laptop-Bildschirme, vorwiegend der gehobenen Preisklassen, aber zunehmend auch in Cockpitanzeigen von Fahrzeugen und Flugzeugen vor.

Sie alle basieren auf der LCD-Technologie, deren Kenntnis die wichtigste Grundlage zum Verständnis der Flachdisplaytechnik bildet.

Flüssige Kristalle

LCD ist die Abkürzung von „liquid crystal display“, was wir allgemein mit „Flüssigkristallanzeige“ übersetzen.

Was sind „flüssige Kristalle“? Materie existiert, wie allgemein bekannt, in den drei Zuständen fest, flüssig und gasförmig.

Das beste Beispiel zur Annahme dieser drei Zustände ist das Wasser. Es kann fest sein (als Eis), flüssig oder gasförmig (Verdampfen). Die Veränderung dieser Eigenschaften wird allein durch Wärmezufuhr bzw. -entzug hervorgerufen. Jeder dieser Zustände hat charakteristische Eigenschaften: So reagieren die meisten kristallinen Festkörper in verschiedenen Raumrichtungen unterschiedlich auf elektrischen Strom, Wärme, Licht und andere physikalische

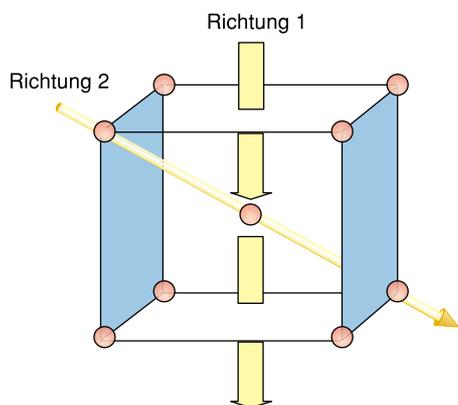


Bild 1: Anisotropie: Unterschiedliche Wechselwirkungen je nach Richtung. Grafikidee: Sharp

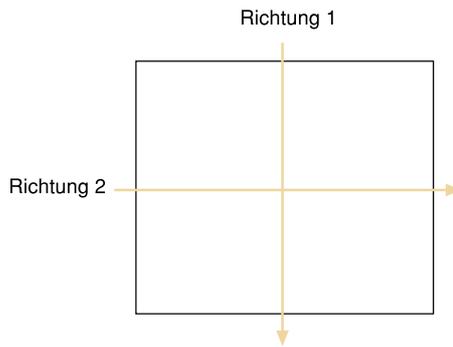


Bild 2: Isotropie: Alle Richtungen sind gleichwertig. Isotropie und Anisotropie führen zu unterschiedlichem physikalischem Verhalten in verschiedenen Raumrichtungen. Grafikidee: Sharp

Einflüsse. Man nennt diese Eigenschaften Anisotropie.

Die Ursache für dieses Verhalten liegt darin, daß die kleinsten Bausteine der betrachteten Substanz feste Plätze in einem starren Kristallgitter besetzen, daß somit eine bestimmte Symmetrie im Kristall vorliegt. Licht beispielsweise trifft auf seinem Weg durch solch ein Raumgitter mal auf mehr, mal auf weniger Kristallbausteine, je nach Richtung, aus der es einfällt (Abbildung 1).

Im Unterschied dazu bewegen sich die Moleküle in einer Flüssigkeit regellos durcheinander. Im statistischen Mittel trifft man aus jeder Raumrichtung komend auf die gleiche Anzahl: Flüssigkeiten sind somit isotrop, d. h., es gibt keine bevorzugten Richtungen (Abbildung 2).

Um so erstaunter waren in den achtziger Jahren des vorigen Jahrhunderts die beiden Physiker Lehmann und Reinitzer, als sie bei Untersuchungen einiger Flüssigkeiten auf anisotropes Verhalten stießen, auf typisch kristalline Eigenschaften!

Lehmann prägte daraufhin damals schon den Namen „flüssiger Kristall“.

Heute erklärt man sich diesen neuen Zustand der Materie aus der besonderen Gestalt der kleinsten Bausteine von flüssigen Kristallen, den Molekülen. In Flüssigkristallen gleichen sie langgestreckten Stäbchen. Im festen Zustand findet man auch hier einen streng geordneten Kristallaufbau. Neben der Ordnung im Raum aber führt die Molekülgestalt noch zu einer Orientierungsordnung, wobei die Richtung der Stäbchen zusätzlich eine Rolle spielt.

Erwärmt man solch einen Kristall bis zum Schmelzen, dann geht zwar die räumliche Ordnung verloren, die Orientierung der Stäbchen aber bleibt erhalten. Erst bei weiterer Erwärmung verschwindet nach und nach auch dieses Ordnungsprinzip, und der Zustand der isotropen Flüssigkeit stellt sich ein. Man kann daher bei flüssig-

kristallinen Substanzen von zwei „Schmelzpunkten“ sprechen. Der untere - Schmelzpunkt genannt - markiert den Übergang vom Festkörper in den flüssigen Kristall; der höhere - Klärpunkt - den zur isotropen Flüssigkeit.

In der praktischen Technologie sind diese Punkte von entscheidender Bedeutung, denn die Displays sollen in einem möglichst großen Temperaturbereich arbeiten.

Drei-Phasen-Gesellschaft

Flüssigkristalle treten in drei verschiedenen Erscheinungsformen auf, die sich durch die Orientierung der Stäbchenmole

Bild 3: Die drei Erscheinungsformen von Flüssigkristallen und ihre Charakteristika. Grafikidee: Sharp

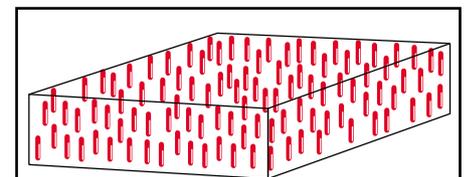


Bild 3a: Nematische Phase: Alle Stäbchen zeigen in eine Richtung. Grafikidee: Sharp

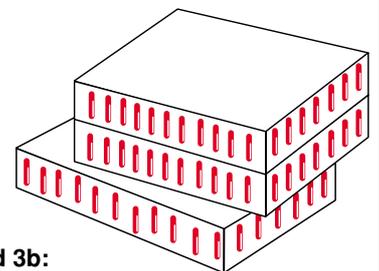


Bild 3b: Smektische Phase: Die Stäbchen zeigen in eine Richtung, sind aber in gegeneinander verschiebbaren Schichten angeordnet. Grafikidee: Sharp

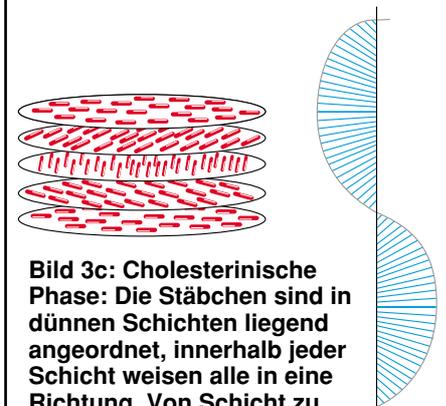
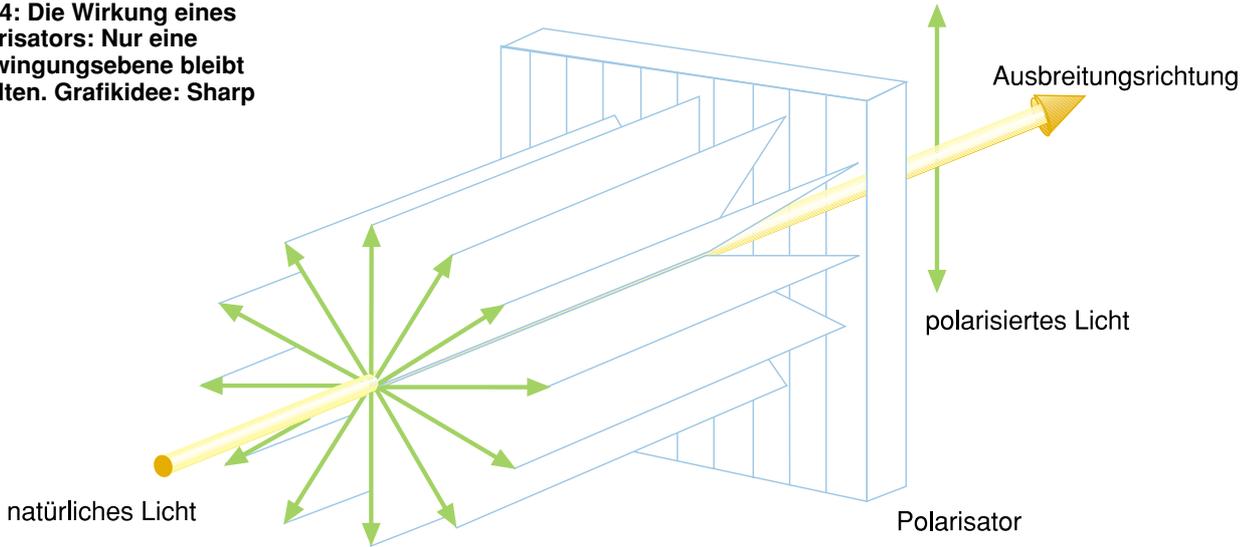


Bild 3c: Cholesterinische Phase: Die Stäbchen sind in dünnen Schichten liegend angeordnet, innerhalb jeder Schicht weisen alle in eine Richtung. Von Schicht zu Schicht verändert sich die Orientierung um einen kleinen Betrag. Sie bildet eine Schraube. Grafikidee: Sharp

Bild 4: Die Wirkung eines Polarisators: Nur eine Schwingungsebene bleibt erhalten. Grafikidee: Sharp



küle im Raum unterscheiden. Die Abbildung 3 zeigt diese drei Phasen.

In der sogenannten nematischen Phase weisen alle Stäbchen in eine Richtung, ansonsten gibt es keine weitere Ordnung im Raum. Etwas komplexer zeigt sich die smektische Phase. Auch hier zeigen die Stäbchen in die gleiche Richtung, sie sind aber in eindeutigen Schichten angeordnet, die leicht gegeneinander verschiebbar sind.

Innerhalb einer Schicht können die Stäbchen regellos oder auch strukturiert vorliegen: Es ergeben sich so verschiedene smektische Phasen.

Die dritte Variante ist die cholesterinische Phase. Hier liegen dünne Schichten vor, in denen die liegend angeordneten Stäbchen jeweils in die gleiche Richtung weisen. Von Schicht zu Schicht ändert sich diese Orientierung um einen kleinen Betrag: Sie bildet eine Schraube.

Anhand der nematischen Phase, die die größte Bedeutung in der praktischen Anwendung hat, werden im folgenden deren wichtigste Verhaltensweisen, nämlich die Wechselwirkungen flüssiger Kristalle mit Licht und elektrischen Feldern betrachtet.

Licht hinter Gittern

Bevor wir uns weiter dem Verhalten der Flüssigkristalle widmen, soll an einige Eigenschaften des Lichts erinnert werden.

Licht kann als elektromagnetische Welle aufgefasst werden. Solch eine Welle wird u. a. durch die Schwingung einer Größe gebildet, die man elektrischer Feldvektor nennt. Die Wellenlänge bestimmt die Farbe, die Amplitude die Intensität des Lichts.

Natürliches Licht ist weiß. Man findet darin Wellenzüge unterschiedlicher Längen und ohne spezielle Orientierung der Ebene, in der der elektrische Feldvektor schwingt (in Abbildung 4 durch die kreisförmig angeordneten grünen Pfeile markiert). Manche Substanzen haben die Eigenschaft, wie ein enges Gitter aus diesen vielen Schwingungsrichtungen eine einzige herauszufiltern. Diesen Effekt nennt man polarisieren (Abbildung 4).

So entsteht linear polarisiertes Licht, das in der LCD-Technik eine wichtige Rolle

spielt. In der Praxis werden dazu spezielle Polarisationsfolien eingesetzt, ohne die man auf dem Display einfach nichts erkennen könnte, wie wir noch sehen werden.

Doppelt gebrochen

Auch flüssige Kristalle üben eine starke Wirkung auf Licht aus: sie sind doppelbrechend. Substanzen mit dieser Eigenschaft spalten einen eintretenden Lichtstrahl in zwei Anteile auf, die senkrecht zueinander polarisiert sind (Abbildung 5). Nur in einem speziellen Fall findet diese Aufspaltung nicht statt: Wenn der eintretende Strahl entlang der sogenannten optischen Achse des Kristalls einfällt.

Im Fall der Aufspaltung gehorcht der sogenannte ordentliche Strahl den normalen Brechungsgesetzen der Optik. Der außerordentliche Strahl tut dies indes nicht. Seine Ausbreitungsgeschwindigkeit ist von der Eintrittsrichtung abhängig. Beim anschließenden Austritt aus dem doppelbrechenden Material addieren sich beide Strahlen wieder.

Es ist aber inzwischen etwas Entschei-

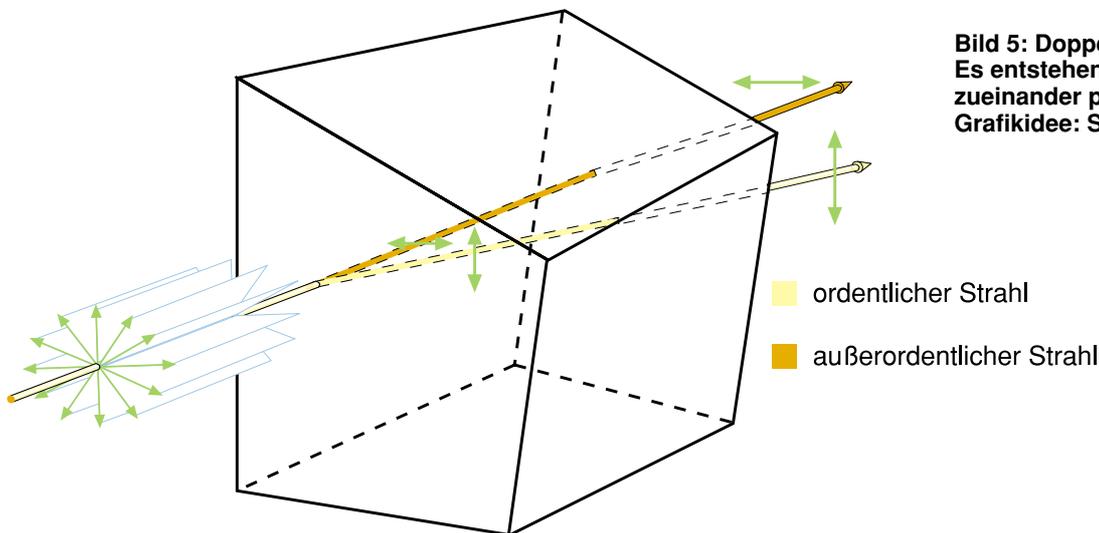


Bild 5: Doppelbrechung: Es entstehen zwei senkrecht zueinander polarisierte Strahlen. Grafikidee: Sharp

dendes geschehen! Zum einen haben beide Strahlen durch die verschiedenen Winkel, unter denen sie den Kristall durchquert haben, unterschiedlich lange Wege zurückgelegt, so daß eine Phasendifferenz eingetreten ist. Das Ergebnis ist mehr oder weniger stark elliptisch polarisiertes Licht, bei dem die Spitze des Feldvektors während einer Schwingung eine Ellipse beschreibt.

Zum anderen haben unterschiedliche Wechselwirkungen mit den Molekülen der doppelbrechenden Substanz stattgefunden: Bestimmte Wellenlängen wurden (für jeden Strahl andere) absorbiert. Die Addition beider Strahlen führt nun zu farbigem Licht. Man nennt diese Erscheinung Dichroismus.

Wie man sich nun vorstellen kann, ist es schwer, unter diesen Umständen echte Schwarz-Weiß-Displays herzustellen. Dazu sind die dichroitischen Farbverfälschungen technologisch auszuschalten.

Flüssige Kristalle werden durch elektrische Felder beeinflusst. Den einfachen Beweis dafür kann man führen, indem man ein (nicht angeschlossenes) Display per Reibung z. B. an Stoff (es genügt auch ein trockener Finger) zur kurzzeitigen Anzeige seiner Segmente anregt. Hier wird ein geringes elektrisches Feld aufgebaut, das die Flüssigkristalle in ihrer Ausrichtung beeinflusst.

Das hängt mit der Stäbchenform der Moleküle zusammen und mit der ungleichen Ladungsverteilung darin. Einige Flüssigkristalle richten die Stäbchen entlang des elektrischen Feldes aus (positive Dielektrizitätsanisotropie, positive DEA) andere stellen sie quer zum Feld (negative DEA).

Bringt man nun eine nematische Substanz derart zwischen die Platten eines Kondensators, daß die Stäbchen parallel zu den Platten liegen, dann kann beim Einschalten des elektrischen Feldes zweierlei geschehen (Abbildung 6): Weist der Flüssigkristall eine positive DEA auf, dann ordnen sich die Orientierungen der Stäbchen in Feldrichtung um, sobald das Feld stark genug ist, die Beharrungskräfte wie Viskosität und Adhäsion zu überwinden. Lediglich die direkt an den Platten liegenden Stäbchen bleiben in der alten Lage. Im anderen Fall jedoch (negative DEA) ändert sich hier nichts.

Wie wirkt sich der eben beschriebene Vorgang nun auf durchtretendes Licht aus? Die optische Achse der Flüssigkristalle verläuft längs zur Stäbchenrichtung. Tritt im feldfreien Zustand Licht quer zu dieser optischen Achse ein, so erfährt es durch die quer zur Einfallrichtung liegenden Stäbchen eine starke Doppelbrechung. Legt man ein elektrisches Feld in gleicher Richtung an, in der der Lichteinfall erfolgt, so

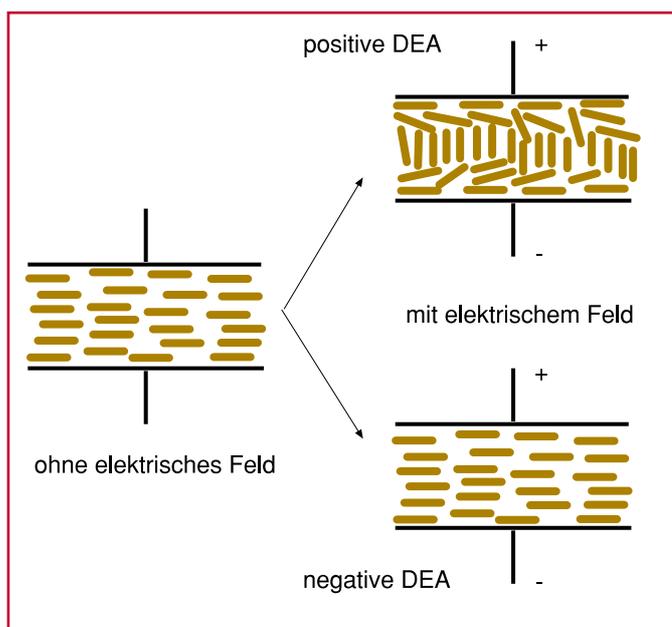


Bild 6: Wirkungen des elektrischen Feldes auf nematische Flüssigkristalle, die parallel zu den Kondensatorplatten angeordnet sind (DEA - Dielektrizitätsanisotropie). Grafikidee: Sharp

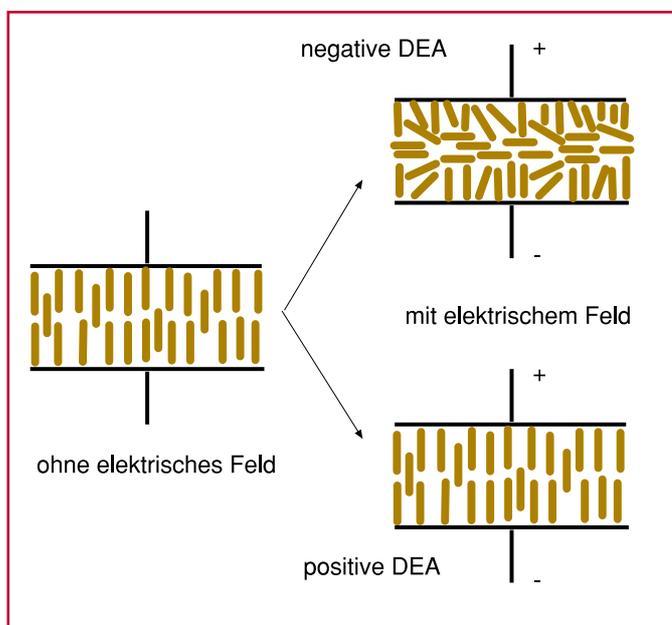


Bild 7: Wirkungen des elektrischen Feldes auf nematische Flüssigkristalle, die senkrecht zu den Kondensatorplatten angeordnet sind (DAB-Effekt für elektrisch gesteuerte Doppelbrechung). Grafikidee: Sharp

bewegen sich die Stäbchen mit ihrer optischen Achse längs zum Lichteinfall: es erfolgt keine Lichtbrechung. Mittels eines Polarisators kann man diese Erscheinung beobachten.

Die in der Wirkung entgegengesetzte und für die praktische Anwendung interessantere Version dieses Verhaltens ist in Abbildung 7 zu sehen: im feldfreien Zustand stehen die Flüssigkristalle mit ihrer optischen Achse längs zur Feldrichtung und werden je nach DEA bei Anlegen des Feldes entweder abgelenkt (stellen sich hier also quer zur Feldrichtung) oder bleiben längs ausgerichtet.

Die Tatsache, daß man bei dieser Anordnung nach dem Anlegen des elektrischen Feldes die Doppelbrechung erzielt, hat interessante Konsequenzen. Hat man nämlich erst einmal eine gewisse Schwellspannung überschritten, die zum Beginn der

Bewegung führt, dann genügen schon kleine Veränderungen des elektrischen Feldes, um den Grad der Doppelbrechung zu steuern. Auf dieser Erscheinung beruht ein Verfahren, das elektrisch gesteuerte Doppelbrechung genannt wird. Dabei nutzt man die Nebenwirkung der Doppelbrechung - den Dichroismus - aus, indem die entstehenden Farben zur Colorsteuerung eingesetzt werden. Die beschriebenen Effekte werden auch Feldeffekte genannt.

Im zweiten Teil wenden wir uns den praktischen Realisierungsvarianten der LCD-Technik zu, während im abschließenden, dritten Teil der Werdegang zur heutigen, fast schon perfekten Farbdarstellung und aktuelle Anwendungen dieser interessanten Technologie aufgezeigt werden.



Literatur:
Der flache Bildschirm. Firmenpublikation Sharp